

НОВЫЕ ДАННЫЕ О МИНЕРАЛЬНОМ СОСТАВЕ РУД РАЗДАНСКОГО ЖЕЛЕЗОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ АРМЯНСКОЙ ССР

Среди многочисленных месторождений и проявлений железных руд, известных к настоящему времени на территории Армянской ССР, Разданское месторождение является одним из главнейших, уступая только Сваранцкому и Абовянскому месторождениям по разведанным запасам руд.

Железные руды горы Судагян были известны и частично разрабатывались еще в глубокой древности. О наличии здесь древних горных выработок указывалось еще в 1917 г. Меллером. Дальнейшее изучение месторождения связано с именами И. Г. Магакьяна, Г. П. Багдасаряна, Э. А. Хачатряна, Э. Х. Гуляна и др. Усилиями большого коллектива геологов под руководством М. Г. Гаспаряна и Ц. М. Айвазяна завершена разведка и подсчитаны запасы руд на базе которых намечается строительство металлургического комбината для получения специальных сталей. Однако, несмотря на это, многие вопросы формирования руд Разданского месторождения остаются еще недостаточно освещенными. Последнее в особенности касается минерального состава и последовательности образования руд, вопросы которых до сих пор рассматривались кратко и бегло. В результате создалось представление об однородности и бедности минерального состава руд месторождения. Детальные минералого-геохимические исследования, проведенные авторами настоящей статьи в пределах Разданского месторождения позволяют внести существенные коррективы в эти представления. В частности, микроскопическое изучение большого количества полированных шлифов из различных типов руд позволило выявить целую серию ранее неизвестных здесь рудных минералов, среди которых определенную научную и (или) практическую ценность представляют теллуриды, золота, серебра, висмута, сульфиды и сульфосили никеля, кобальта, молибдена, висмута, а также самородное золото и серебро. Эти минералы были установлены в тесной ассоциации с сульфидными минералами в пирит-халькопирит-магнетитовых и магнетит-полиметаллических рудах.

Ниже приводится краткое описание вновь установленных минера-

лов в последовательности примерно, соответствующей последовательности их выделения из рудоносных растворов.

Арсенопирит установлен в ассоциации с пиритом, халькопиритом, миллеритом и др. минералы никеля (фиг. 1, 5). Образует скопления идиоморфных кристаллов, размерами до десятых долей миллиметра. Выпадает раньше халькопирита и миллерита, но позже или одновременно с пиритом.

Пирротин образует включения в полях пирита и почти всегда находится в тесных сростаниях с халькопиритом. Нередко в этой ассоциации встречается также миллерит и никелин (фиг. 4). Размеры включений пирротина редко превышают десятые доли миллиметра. Встречается довольно часто.

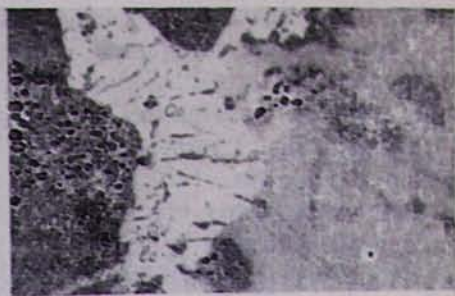
Кобальтин (Co, Fe) AsS —образует изометрические выделения иногда с контурами идиоморфных кристаллов в полях пирита, халькопирита, кварца и других нерудных минералов (фиг. 2, 3, 4, 7). С магнетитом образует структуры замещения. Размер отдельных выделений достигает до нескольких сот. микрона. Характерна ассоциация также с миллеритом, пирротинном, лёлингом и другими минералами (фиг. 4), от которых отличается своим кремовобелым цветом (со слабым фиолетовым оттенком) и отражательной способностью ($R \approx 48-50\%$). По сравнению с халькопиритом минерал отчетливо светлее, но темнее, чем пирит. Рядом с последним кажется более розовато-фиолетовым, а пирит более желтоватый. Анизотропия слабая, твердость выше, чем у халькопирита, но ниже чем у пирита. Полируется хорошо, следы спайности отсутствуют.

Миллерит (NiS) установлен в тесной ассоциации с халькопиритом, пиритом и другими минералами никеля и кобальта (фиг. 3, 5, 7). Образует изометрические, часто неправильные по форме выделения в полях халькопирита, реже пирита и магнетита. Размеры выделений колеблются от нескольких микронов до десятых долей миллиметра. В полях халькопирита и магнетита минерал сравнительно легко определяется, благодаря своей высокой отражательной способности и отчетливо выраженному двуотражанию. Отражательная способность в воздухе (белый свет) колеблется от 51 до 54 %. Анизотропия достаточно сильная, но без отчетливо выраженных цветных эффектов. Твердость высокая, полируется хорошо. Следы спайности отсутствуют. Рельеф несколько выше, чем у халькопирита, но заметно ниже, чем у пирита. Наличие миллерита и других описываемых минералов никеля, кобальта, висмута и теллура подтверждается микрохимическими, химическими и спектральными анализами (табл. 1).

Лёллинит (Fe, Co, Ni) As_2 . Очень часто в ассоциации с кобальтином в тесных сростаниях с ним встречается отчетливо двуотражающий минерал с достаточно хорошо проявленными цветами плеохроизма (фиг. 2). В отраженном свете цвет и отражательная способность минерала колеблются от желтовато-кремового ($R \approx 49-50\%$) до кре-



фиг. 1



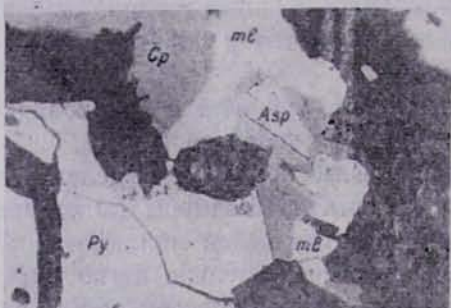
фиг. 2



фиг. 3



фиг. 4



фиг. 5



фиг. 6

Т а б л и ц а 1. фиг. 1 Арсенопирит (Asp) в полях пирита (Py) в ассоциации с халькопиритом (Cr). Полир. шлиф. х 320. Фиг. 2. Кобальтин (Co) и леллингит (lo) в ассоциации с халькопиритом (Cr). Полир. шлиф. х 320, Фиг. 3. Миллерит (ml) и кобальтин (Co) в ассоциации с халькопиритом (Cr.) цементируют идиоморфный кристаллик пирита (Py). Полир. шлиф. х 320. Фиг. 4. Никелин (Ni) в ассоциации с кобальтином (Co) и пирротином (Po) в полях пирита (Py). Черный минерал-магнетит. Полир. шлиф. х 320. Фиг. 5. Миллерит (ml) и арсенопирит (Asp) в ассоциации с халькопиритом (Cr) и пиритом (Py). Полир. шлиф. х 320. Фиг. 6. Кобальтин (Co) в полях пирита (Py). Полир. шлиф. х 320. Во всех случаях без анализатора.

мово-белого с розоватым оттенком ($R \approx 53\%$). Твердость высокая, рельеф выше, чем у халькопирита, но ниже чем у пирита. Полируется

Таблица 1

Элементы	Гранат-магнетитовая руда	Магнетитовый концентрат	Магнетит-пирит-халькопиритовая руда (пр. 230)	Магнетит-полиметаллическая руда (пр. 579)
Bi	сл.	0,0023	0,003	0,03—0,1
Te	сл.	0,00027	—?	0,03
Ag	0,0004	—	0,003	0,01
Au	не опр.	не опр.	0,001?	0,001
Ni	0,004	0,0017	0,03	0,003
Co	0,0276	0,0025	0,1	0,4
Se	0,00013	0,0002	не опр.	не опр.
Re	не обн.	не обн.	не опр.	не опр.
Mo	0,0002	0,0007	0,003	—
ΣTR	—	0,053	—	—

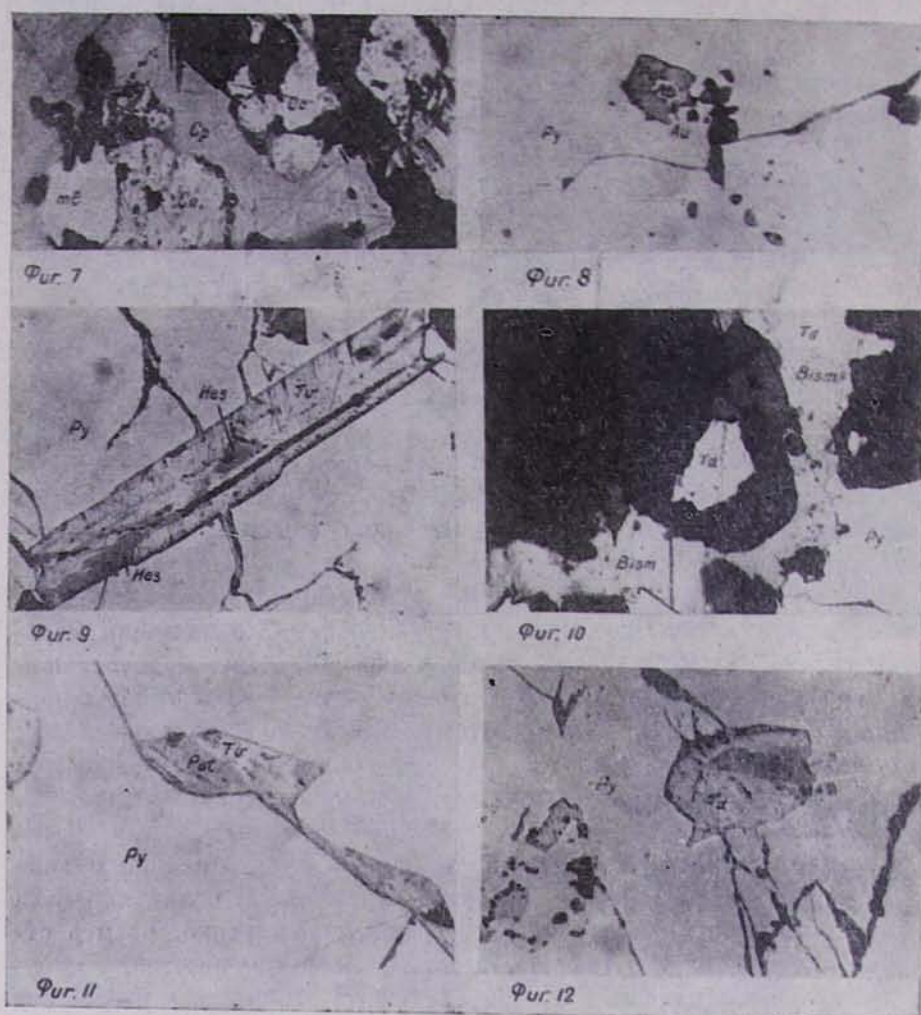
хуже, чем кобальтин. Представлен в виде неправильных по форме выделений в полях халькопирита и магнетита. Нередки псевдоморфозы по эпидоту. Размер отдельных выделений колеблется в пределах десятых долей миллиметра.

Никелин (NiAs). В полях пирита в ассоциации с пирротинном и кобальтином или в виде изолированных удлиненных выделений встречается сильно двуотражающий минерал (фиг. 4). Цвет и двуотражение колеблются от кремово белого ($R \approx 53\%$) до нежно розовато-кремового. Анизотропия сильная с цветным эффектом. Рельеф около или выше, чем у пирротина и миллерита, но ниже, чем у пирита. По всем своим свойствам минерал очень близок к никелину, описанному С. Шоутеном (6).

Висмутин встречен в пирит-халькопиритовой ассоциации в виде изометрических, неправильных по форме, включений в полях пирита и халькопирита (фиг. 10). Встречается сравнительно редко, размер отдельных включений не превышает десятых долей миллиметра.

Молибденит установлен в виде единичных чешуек или небольших скоплений в ассоциации с пиритом, халькопиритом, сфалеритом, магнетитом. Нередко образует тонкую вкрапленность в нерудной массе. По времени образования является более ранним, чем ассоциирующиеся с ним сульфиды, за исключением пирита, кристаллизация которого, судя по структурным взаимоотношениям, происходит одновременно или несколько раньше молибденита.

Тетрадимит ($\text{Bi}_2\text{Te}_2\text{S}$) образует удлиненные, изометрические и неправильные по форме выделения в полях пирита, магнетита и нерудных минералов (фиг. 10, 12). Почти всегда образует срастания с другими теллуридами; гесситом, петцитом, теллуrowисмутитом и жозентом (?). Размеры отдельных выделений колеблется от нескольких микронов до десятых долей миллиметра. В отраженном свете минерал легко определяется благодаря своей высокой отражательной способ-



Т а б л и ц а 2. Фиг. 7. Кобальтин (Co) и миллерит (ml) в ассоциации с халькопиритом (Cp) Полир. шлиф. х 320. Фиг. 8. Самородное золото (Au) в ассоциации с петцитом (Pet) в полях пирита (Py). Полир. шлиф. х 320. Фиг. 9. Теллуrowисмутит (Tv) и гессит (Hes) в полях пирита (Py). Полир. шлиф. х 320. Фиг. 10. Тетрадимит (Td) и висмутит (Bism) образуют структуры замещения с пиритом (Py). Полир. шлиф. х 320. Фиг. 11 Теллуrowисмутит (Tv) и петцит (Pet) заполняют трещенку в пирите (Py) Полир. шлиф. х 320. Фиг. 12 Тетрадимит и жозеит (?) в полях пирита (Py). Полир. шлиф. х 320. Во всех случаях без анализатора.

ности ($R \approx 55\%$), низкому рельефу, отчетливо проявленной анизотропии и следам спайности.

Теллуrowисмутит (Bi_2Te_3) встречается в виде удлинённых пластинчатых выделений в полях пирита (фиг. 9, 11), халькопирита и др. минералов полиметаллической ассоциации. В большинстве случаев на-

ходится в сростаниях с гесситом, петцитом и тетрадимитом. Похож на тетрадимит, но отличается несколько более высокой отражательной способностью ($R \approx 56-58\%$) и более отчетливо выраженным розовато-кремовым цветом. Рядом с ним тетрадимит кажется зеленоватым.

Гессит (Ag_2Te). Встречен в сростаниях с теллуридами висмута и петцитом (фиг. 9). Все они вместе образуют структуры замещения и заполняют тончайшие трещинки в пирите. Представлен неправильными по форме выделениями, размерами не превышающими сотые доли миллиметра. В отраженном свете легко отличается от ассоциирующего с ним петцита своим коричневатым оттенком и характерной пятнистой анизотропией.

Петцит (Ag_3AuTe_2) почти всегда образует тесные сростания с гесситом и теллуrowисмутитом (фиг. 11). Нередка ассоциация также с галенитом от которого отличается несколько более низкой отражательной способностью и отсутствием коричневатого оттенка. По времени образования теллуриды золота и серебра являются более поздними, чем теллуриды висмута и кристаллизуются раньше самородных золота и серебра.

Самородное серебро встречается довольно часто в виде мельчайшей вкрапленности в полях пирита и магнетита. Наблюдается определенная приуроченность выделений самородного серебра к участкам развития сульфидной минерализации. Но, как правило, самородное серебро отсутствует в участках развития теллуридов.

Самородное золото и электрум также, как самородное серебро образуют мельчайшие выделения в полях как сульфидных минералов так и в магнетите. Нередки также выделения золота в нерудной массе. В отличие от самородного серебра, ассоциируется с теллуридами и в частности с петцитом и гесситом (фиг. 8).

По времени образования описанные минералы, также как и сульфидные руды являются более поздними и в большинстве случаев наложены на продукты скарнового этапа минерализации. В целом руды Разданского месторождения образуют пластообразные залежи в скарнированных габбро-диоритах дотуронского возраста и перекрывающей их вулканогенно-осадочной толще. В локализации оруденения решающую роль играл Разданский разлом северо-западного простирания, представляющий собой продолжение (или ответвление) Мармарикского глубинного разлома.

Процесс формирования руд Разданского месторождения был длительным и протекал через ряд ступеней равновесия, начиная с высокотемпературных скаполит-пироксен-гранатовых скарнов и кончая эпидот-кальцит-хлоритовой ассоциацией минералов (фиг. 13). Магнетитовое оруденение развивалось в две основные стадии. В первую, или собственно скарновую стадию, образовалась небольшая часть магнетитовых руд в ассоциации со скаполитом, гранатом и пироксеном. Подавляющая же масса магнетитовых руд образовалась во вторую—вод-

носиликатную, или гидросиликатную, стадию и сопровождалась интенсивным гипогенным разложением ранее образовавшихся скарновых минералов с замещением их эпидот-кальцит-хлоритовой ассоциацией. В эту же стадию, в конце скарнового этапа минерализации, в результате, по видимому, повышения кислотности растворов и активности серы в небольшом количестве выпадают сульфиды железа. В процессе скарнового этапа минерализации в незначительном количестве образуются также апатит и сфен.

Схема
последовательности выделения минералов по стадиям
минерализации Разданского железорудного месторождения

МИНЕРАЛЫ	Доруд- ный этап	СКАРНОВЫЙ ЭТАП				ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ ЭТАП	
		Собственно-скарновая стадия Окаменелая ассоциация	Скальцит-хлорит- ам-гранатовая ассоциация	Амфибол-эпидот- овая ассоциация	Эпидот-хлорит- овая ассоциация	Хлорит-кальцит- овая стадия	Полиметал- лическая стадия
Плагиоклазы							
Пироксен							
Амфиболы							
Висмит							
Скаполит							
Гранат							
Эпидот							
Сфен							
Апатит							
Хлорит							
Кальцит							
Кварц							
Магнетит							
Гематит							
Мушкетовит							
Пирит (марказит)							
Арсенопирит ^{*)}							
Пирротин ^{*)}							
Кобальтин ^{*)}							
Миллерит ^{*)}							
Лельцунит ^{*)}							
Никелин ^{*)}							
Висмутит ^{*)}							
Мелийденит ^{*)}							
Халькопирит							
Сфалерит							
Тетрадимит ^{*)}							
Галенит							
Теллуризмутит							
Изосим (т) ^{*)}							
Гессит ^{*)}							
Петцит ^{*)}							
Самородное Ag ^{*)}							
Электрум ^{*)}							
Самородное Au ^{*)}							

Условные обозначения: Hd - геденбергит, And - андрадит, Hl - гастингсит, Hrb - роговая обманка, Act - актиналит ^{*)} минералы установлены впервые

Фиг. 13.

Анализ сменяющихся во времени парагенетических ассоциаций минералов позволяет заключить о значительной эволюции рудообразующих растворов во времени и, в частности, об изменении форм переноса рудного компонента. Присутствие в ранних ассоциациях скаполита и хлорсодержащей гастингситовой роговой обманки свидетельствуют о значительной роли галлоидов, в частности хлора, в переносе железа. В результате взаимодействия растворов с карбонатными по-

родами и понижения температуры происходит повышение активности углекислоты, что приводит к образованию карбонатных комплексов. При этом галлоидная форма переноса железа, вероятно преобладающая на ранних стадиях минералообразования, уступает место карбонатной. Вместе с тем обильное развитие эпидота в водносиликатную стадию указывает на значительную роль гидроксильного иона в рудоносных растворах, что вероятно, свидетельствует об образовании комплексных соединений включающих CO_2 , OH и др.

Дальнейшая эволюция рудообразовательного процесса, происходящая при постоянном понижении температуры растворов, приводит к значительному повышению потенциала серы. Происходит смена водносиликатной ассоциации минералов сульфидными. В начале позднего или гидротермального этапа минерализации образуются кварц-пирит-халькопиритовая ассоциация минералов со значительной ролью пирротина, арсенопирита, кобальтина, миллерита и других сравнительно высокотемпературных минералов. С понижением температуры катионный состав растворов существенно меняется. Наряду с медью и железом, они обогащаются свинцом, цинком, золотом, серебром, теллуром, висмутом и др. элементами. Вместе с тем в растворах концентрация никеля и кобальта резко понижается, что приводит к полному исчезновению их минералов в ассоциации полиметаллических руд.

В заключении необходимо отметить, что установление в рудах Разданского месторождения описанных выше минералов, и в особенности золото-теллуровой ассоциации, существенно обогащает наши знания об эндогенной металлогении Раздан-Анкаванской структурной зоны, свидетельствуя об идентичности завершающего этапа минерагенеза на всем протяжении Мармарикского разлома. Этот, напрашивающийся сам по себе, вывод достоин внимания производственных геологических организаций республики. Известно, что при разведке Разданского месторождения благородные элементы почти не изучались. Между тем наличие значительных концентраций золото-теллуридов руд на участках аналогичной геологической ситуации—месторождения Анкаван, Меградзор (Карапетян, 1961; Карапетян, Амирян, 1964), на продолжении проходящего здесь Мармарикского разлома наводит на мысль о возможности обнаружения в пределах Разданского месторождения промышленных скоплений золото-сульфидных руд. Правильное решение этого важного вопроса требует дополнительных исследований.

ЛИТЕРАТУРА

- Гульян Э. Х., Дадаян Г. А. — Железорудные месторождения Армении, Ереван, 1963.
Карапетян А. И. — Теллуриды в рудах Анкаванского медномolibденового месторождения. Известия АН Армянской ССР, серия геологическая № 6, 1961.
Карапетян А. И., Амирян Ш. О. — Об обнаружении теллуридов золота, серебра, висмута и свинца в рудах Меградзорского золоторудного месторождения Армянской ССР. ДАН Армянской ССР, т. 38, № 1, 1964.

- Меллер В. и др. Полезные ископаемые и минеральные воды Кавказского края.
Вып. 1. 1917 г. изд. Кавказ. горуправ. г. Тифлис.
- Хачатурян Э. А., Гулян Э. Х. Железо. В книге «Геология Армянской ССР, т. VI,
Ереван, 1967.
- Sechouten C., Determination tables for ore microscopy. Amsterdam-New-York. 1962.